



例題 34 中和滴定

▶ 141 ~ 144 146

シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 6.30 g を溶かした水溶液をつくり、①メスフラスコ中で純水を加え、1.00 L に希釈して水溶液 A とした。また、水酸化ナトリウム NaOH 約 0.8 g を純水約 200 mL に溶かし、これを水溶液 B とした。②ホールピペットでコニカルビーカーに水溶液 A を 10.0 mL 取り、フェノールフタレイン溶液を 1 滴加えた後、③ビュレットを使い水溶液 B で滴定すると、指示薬が変色するまでに要した水溶液 B は 12.5 mL であった。分子量 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 126$

- (1) 水溶液 A の濃度は何 mol/L か。
 (2) 実験前に器具①～③を洗うのに適した液体を、次の(a)～(c)から 1 つずつ選べ。
 (a) 水溶液 A (b) 水溶液 B (c) 純水
 (3) 水溶液 B の濃度は何 mol/L か。

KeyPoint 中和点では、(酸の H^+ の物質量) = (塩基の OH^- の物質量)

センサー

●中和点での量的関係

$$acV = bc'V'$$

a: 酸の価数
 c: 酸のモル濃度 [mol/L]
 V: 酸の体積 [L]
 b: 塩基の価数
 c': 塩基のモル濃度 [mol/L]
 V': 塩基の体積 [L]

解法 (1) $\frac{6.30 \text{ g}}{126 \text{ g/mol}} = 0.0500 \text{ mol}$
 (2) ① メスフラスコは、後から純水を加えて調製する。
 ②, ③ ホールピペットとビュレットは、溶液の濃度を変化させないように、使用する液で 2, 3 回洗浄(共洗い)する。
 (3) 求める濃度を c [mol/L] とすると、

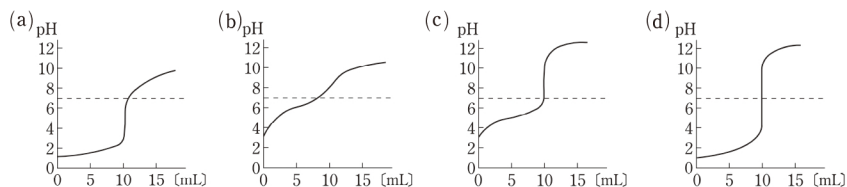
$$2 \times 0.0500 \text{ mol/L} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} = 1 \times c [\text{mol/L}] \times \frac{12.5}{1000} \text{ L}$$

解答 (1) 0.0500 mol/L (5.00×10^{-2} mol/L)
 (2) ①(c) ②(a) ③(b) (3) 0.0800 mol/L (8.00×10^{-2} mol/L)

例題 35 滴定曲線

▶ 149 153

0.10 mol/L 塩酸を 0.10 mol/L の①水酸化ナトリウム水溶液、②アンモニア水で滴定した。このときの滴定曲線として適切なものはどれか。次の(a)～(d)からそれぞれ 1 つずつ選べ。



KeyPoint 滴定開始点、中和点、過剰に加えたときの pH に着目する。

センサー

●中和点の pH

強酸と強塩基: pH=7
 弱酸と強塩基: pH>7
 強酸と弱塩基: pH<7

解法 どれも 0.10 mol/L の 1 価の酸・塩基の水溶液だとして、

- (a) 強酸を弱塩基で滴定。 (b) 弱酸を弱塩基で滴定。
 (c) 弱酸を強塩基で滴定。 (d) 強酸を強塩基で滴定。

解答 ①(d) ②(a)

145 中和の量的関係 濃度 C [mol/L] の水酸化ナトリウム水溶液 V [L] を中和するのに必要な濃度 c [mol/L] の希硫酸の体積 [L] を表す式として最も適切なものはどれか。次の(a)～(f)から 1 つ選べ。

(a) $\frac{CV}{c}$ (b) $\frac{2CV}{c}$ (c) $\frac{CV}{2c}$ (d) $\frac{cV}{C}$ (e) $\frac{2cV}{C}$ (f) $\frac{cV}{2C}$

重要 146 中和の量的関係 次の各問いに答えよ。

原子量 $\text{H}=1.0$, $\text{C}=12$, $\text{O}=16$, $\text{Na}=23$, $\text{Ca}=40$

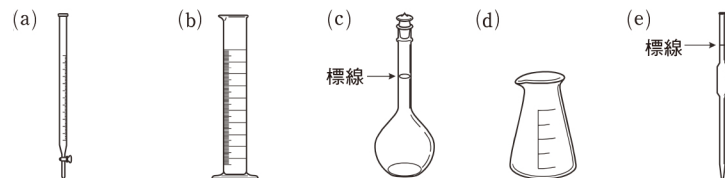
- (1) 塩化水素 HCl 0.10 mol の中和に必要な水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は何 g か。
 (2) 0.25 mol/L 硫酸 H_2SO_4 20 mL を中和するのに必要な 0.20 mol/L 水酸化カリウム KOH 水溶液は何 mL か。
 (3) 水酸化ナトリウム 0.80 g を中和するのに必要な 0.50 mol/L 塩酸は何 mL か。
 (4) 0℃, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 0.28 L のアンモニア NH_3 を中和するのに必要な 0.010 mol/L 硫酸は何 mL か。

147 中和と酸の体積 モル濃度がそれぞれ 0.10 mol/L の硫酸・硝酸・酢酸水溶液がある。次の(1), (2)の関係について、それぞれ正しいものを、下の(a)～(h)より選べ。

- (1) pH の大小関係。
 (2) 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 10 mL の中和に要する体積 [mL] の関係。
 (a) 硫酸>硝酸>酢酸 (b) 硫酸 = 硝酸>酢酸 (c) 硫酸>硝酸 = 酢酸
 (d) 硝酸>酢酸>硫酸 (e) 硝酸 = 酢酸>硫酸 (f) 酢酸>硝酸>硫酸
 (g) 酢酸>硝酸 = 硫酸 (h) 酢酸 = 硝酸 = 硫酸

重要 148 中和滴定 シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ① g を少量の純水に溶かし、これを器具 A に入れて純水を加え 100 mL とし 0.150 mol/L の水溶液をつくった。この水溶液 10.0 mL を器具 B ではかり取って器具 C に移し、フェノールフタレイン溶液を加えた。この水溶液に、器具 D に入れておいた 0.100 mol/L の水酸化カリウム水溶液を② mL 滴下したとき、水溶液が変色した。分子量 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 126$

(1) 器具 A ~ D を、それぞれ次の(a)～(e)から選び、その器具の名称も答えよ。



- (2) 器具 A ~ D のうち、①共洗いして用いる器具、②水洗いだけで用いることのできる器具をそれぞれすべて選び、A ~ D の記号で答えよ。
 (3) 文中の にあてはまる値を求めよ。

例題 36 逆滴定

▶ 158 ~ 161

濃度未知の水酸化カリウム水溶液 20.0 mL の中和滴定で、誤って 0.100 mol/L 硫酸 40.0 mL を加えたため、中和点を過ぎてしまった。そこで 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 10.0 mL を滴下すると、中和点に達した。水酸化カリウム水溶液のモル濃度は何 mol/L か。

KeyPoint 逆滴定でも $(\text{H}^+ \text{の総物質質量}) = (\text{OH}^- \text{の総物質質量})$ が成立する。

セナサー

● 逆滴定
濃度が未知の酸(塩基)に過剰な一定量の塩基(酸)の溶液を加え、その混合溶液を酸(塩基)の標準溶液で中和滴定する方法。

解法 求めるモル濃度を c [mol/L] とすると、

$$2 \times 0.100 \text{ mol/L} \times \frac{40.0}{1000} \text{ L} = 1 \times c \text{ [mol/L]} \times \frac{20.0}{1000} \text{ L} + 1 \times 0.100 \text{ mol/L} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L}$$

$\text{H}^+ \text{の物質質量}$ $\text{OH}^- \text{の総物質質量}$

$$c = 0.350 \text{ mol/L}$$

解答 0.350 mol/L

例題 37 二段階中和

▶ 164

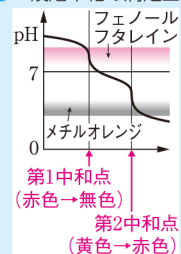
炭酸ナトリウム Na_2CO_3 は、強酸に対して二段階の中和反応を起こす。炭酸ナトリウム水溶液の塩酸 HCl による中和滴定について、次の各問いに答えよ。

- (1) ①第1段階、②第2段階の中和反応を表す化学反応式をそれぞれ書け。
- (2) ①第1中和点、②第2中和点を検出するのに用いる指示薬はそれぞれ何か。次の(a)~(c)から1つずつ選べ。
(a) フェノールフタレイン (b) メチルオレンジ (c) (a), (b)のどちらでもよい。
- (3) 濃度未知の Na_2CO_3 水溶液 10.0 mL を 0.10 mol/L 塩酸で滴定したところ、第2中和点までの滴下量は 16.4 mL であった。この Na_2CO_3 水溶液のモル濃度はいくらか。

KeyPoint 二段階中和の第1中和点は塩基性、第2中和点は酸性。

セナサー

● 二段階中和の滴定曲線



解法 (1) 第1段階の中和反応が完了後、第2段階が起こる。

(2) 第1中和点は pH 8.5 程度、第2中和点は pH 4 程度。

(3) 第1中和点までの HCl の滴下量は、第1中和点から第2中和点までの滴下量と等しいので、 $16.4 \text{ mL} \div 2 = 8.2 \text{ mL}$ 。第1段階の中和では、 HCl と Na_2CO_3 の物質質量は等しいので、炭酸ナトリウム水溶液のモル濃度を x [mol/L] とすると、

$$0.10 \text{ mol/L} \times \frac{8.2}{1000} \text{ L} = x \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} \quad x = 0.082 \text{ mol/L}$$

解答 (1) ① $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$

② $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

(2) ①(a) ②(b) (3) $8.2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ (0.082 mol/L)

重要 157 中和滴定 食酢中の酢酸 CH_3COOH の濃度を求めるため、次の(I)~(IV)の手順で実験を行った。ただし、食酢中の酸はすべて酢酸とし、食酢の密度は 1.00 g/mL とする。

- 分子量 $\text{CH}_3\text{COOH} = 60.0$, $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 126$, 式量 $\text{NaOH} = 40.0$
- (I) 固体の水酸化ナトリウム NaOH 約 2 g をはかり取り、500 mL の水溶液とした。
 - (II) シュウ酸の結晶 x g をはかり取って少量の純水に溶かし、容量 200 mL の器具 A に移して正確に 0.0500 mol/L 水溶液 200 mL をつくった。
 - (III) (II) の水溶液 10.0 mL を器具 B でコニカルビーカーに取り、指示薬を加え、器具 C に入れた(I)の水溶液で中和滴定すると、中和に要する(I)の水溶液の量は 10.0 mL であった。
 - (IV) 水で 10 倍にうすめた食酢 10.0 mL をコニカルビーカーに取り、指示薬を加え、器具 C に入れた(I)の水溶液で中和滴定すると、下表の結果が得られた。

実験回数	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
はじめ [mL]	0.20	7.70	15.19	0.18
滴定後 [mL]	7.70	15.19	22.84	7.69

- (1) 器具 A ~ C の名称を答えよ。
- (2) 共洗いが必要な器具は A ~ C の内どれか。その理由も記せ。
- (3) x の値を求めよ。
- (4) 操作(I)の段階で、水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度は約何 mol/L と推定できるか。
- (5) 操作(IV)の結果から、水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度は何 mol/L か。
- (6) 操作(IV)で用いる指示薬がフェノールフタレインではなくメチルオレンジである場合、滴定量はどのように変化するか。滴定曲線を用いて 60 字程度で説明せよ。
- (7) 操作(IV)における、中和の化学反応式を書け。
- (8) 操作(III)を(IV)の前に行う理由を、「水酸化ナトリウム」の語を用いて書け。
- (9) 操作(IV)の結果から、10 倍にうすめた食酢中の酢酸のモル濃度は何 mol/L か。
- (10) 食酢中の酢酸の質量パーセント濃度を求めよ。

重要 158 逆滴定 濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液 25 mL を中和しようとして、0.10 mol/L 硫酸を 40 mL 加えたところ、中和点を大きく過ぎてしまった。そこで、0.10 mol/L 水酸化カリウム水溶液を 20 mL 加えると中和点に達した。もとの水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度は何 mol/L か。

159 空気中の二酸化炭素 $5.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の水酸化バリウム水溶液 100.0 mL に 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ の空気 10.0 L を通じると、①空気中に含まれる二酸化炭素がすべて水酸化バリウムと反応して水に溶けにくい炭酸バリウムが生成して白濁した。生じた沈殿をろ過して分離した後、ろ液 10.0 mL を取って②残った塩基を $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の塩酸で滴定したところ 7.0 mL を要した。

- (1) 下線部①・②の反応の化学反応式をそれぞれ書け。
- (2) 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、空気中に含まれる二酸化炭素は体積で何%か。

▶ 広島大 改